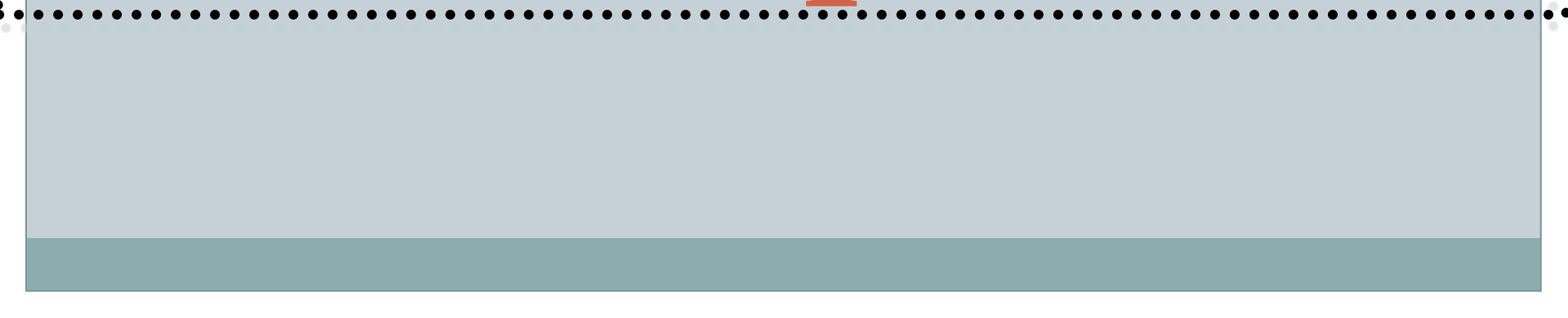


Circuit électrique simple



Sommaire:



- **1 Étude des circuits : définitions**
 - 1.1 Régime continu
 - 1.2 Régime transitoire
 - 1.3 Régime sinusoïdal
 - 1.4 Court-circuit
- **2 Étude des circuits : Applications**
 - 2.1 Les appareils de mesures
 - 2.2 Associations de résistances
 - 2.3 Effet Joule
 - 2.4 Loi de Pouillet
 - 2.5 Lois de Kirchhoff
 - 2.6 Force électromotrice
 - 2.7 Théorème de Thévenin

1. Étude des circuits : définitions

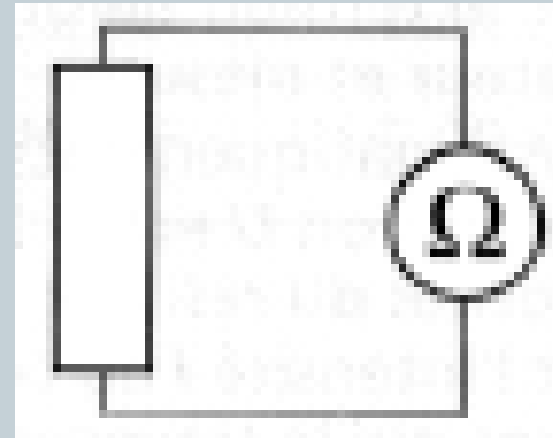
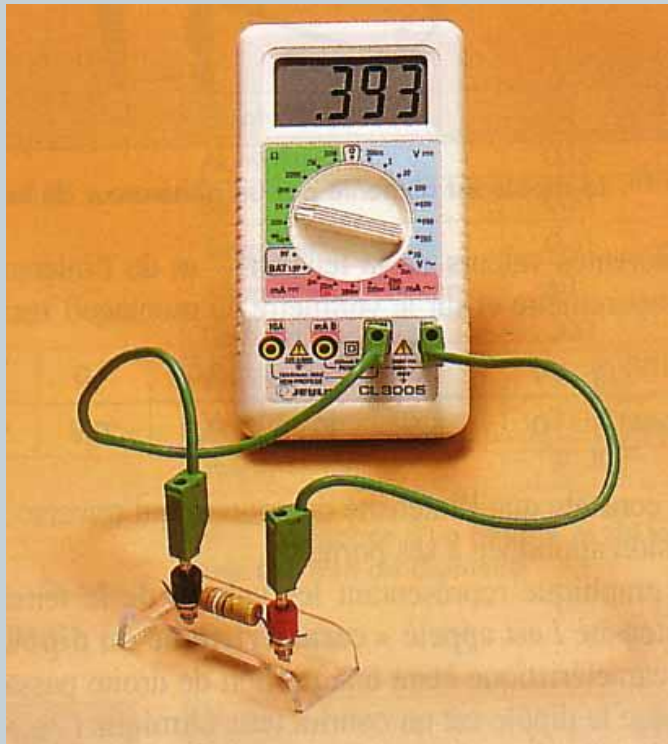


- L'étude d'un circuit électrique consiste à déterminer, à chaque endroit, l'intensité du courant et la tension. On utilise pour cela les caractéristiques des composants et des lois simples d'étude des circuits.
- Les composants : R (Ω) (au premier semestre) mesuré avec un ohmmètre
- L'intensité du courant : I (A) mesurée avec un ampèremètre
- La tension ou la ddp : E (fem) ou U ou ΔV (V) mesurée avec un voltmètre

Mesure d'une résistance avec un ohmmètre.

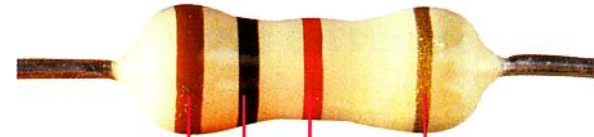
La valeur d'une résistance électrique s'exprime en Ohms

On utilise la **fonction ohmmètre** d'un multimètre (bornes V et COM).
La résistance est directement reliée à l'ohmmètre, **hors circuit**.



Autre méthode : pour info ...

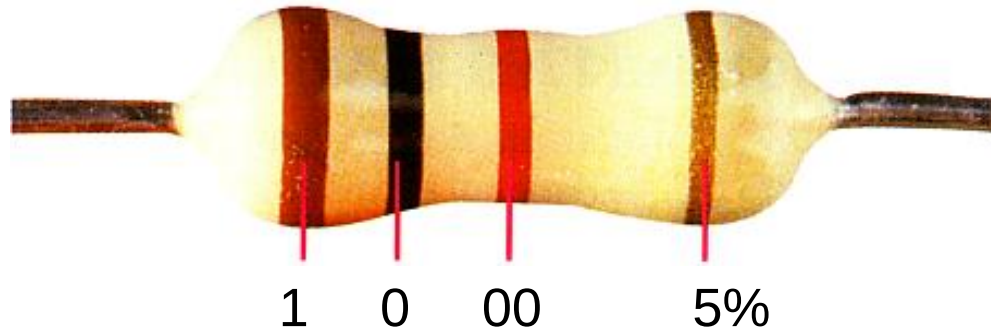
Noir	0	Ne
Marron	1	Mangez
Rouge	2	Rien
Orange	3	Ou
Jaune	4	Jeûnez
Vert	5	Voilà
Bleu	6	Bien
Violet	7	Votre
Gris	8	Grande
Blanc	9	Bêtise



1er anneau : 1er chiffre
2ème anneau : 2ème chiffre
3ème anneau : nombre de zéros

Précision

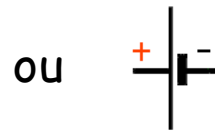
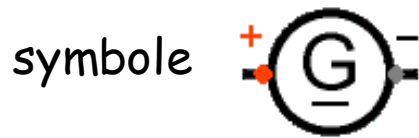
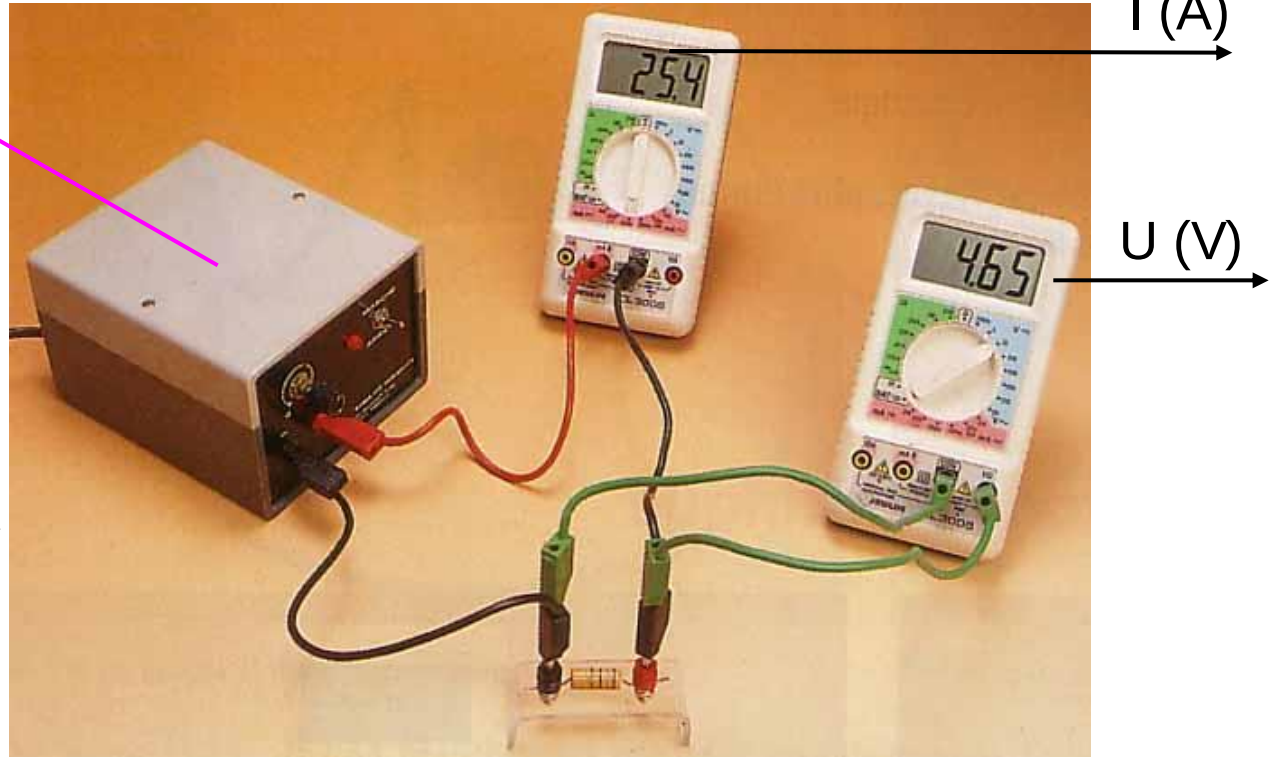
10%
5%
20%
1%
2%
0,50 %
0,25 %
0,10 %
0,05 %



$$R=1000 \, \Omega$$

... Utilisation du code couleur.

Générateur de tension **parfait** :
générateur qui délivre toujours la même tension quelque soit la valeur de l'intensité du courant qu'il fournit à sa charge.



Symbole d'une pile

I (A)					
U (V)					

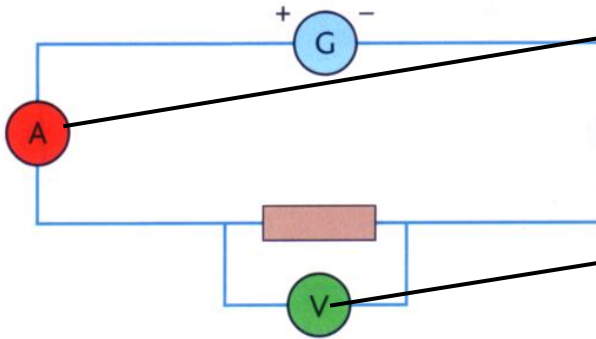
**Quelle relation existe-t-il
pour une « résistance » entre
l'intensité et la tension ?**



Le physicien Georg Simon Ohm (1789-1854) a étudié les relations entre intensité et tension dans un circuit électrique.

2) Etude expérimentale

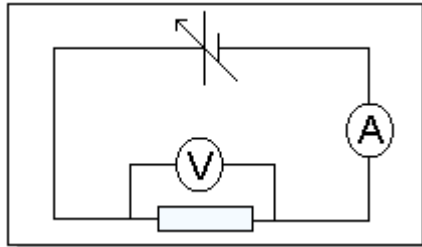
a) Expérience



L'ampèremètre mesure l'intensité du courant électrique qui traverse le conducteur ohmique.

Le voltmètre mesure la tension "U" aux bornes du conducteur ohmique.

La valeur de la résistance $R=100\ \Omega$



- La place des éléments est-elle importante ?
- Quelle est la polarité des éléments ?

On fait varier la tension aux bornes de la résistance à l'aide d'un générateur de tension variable.

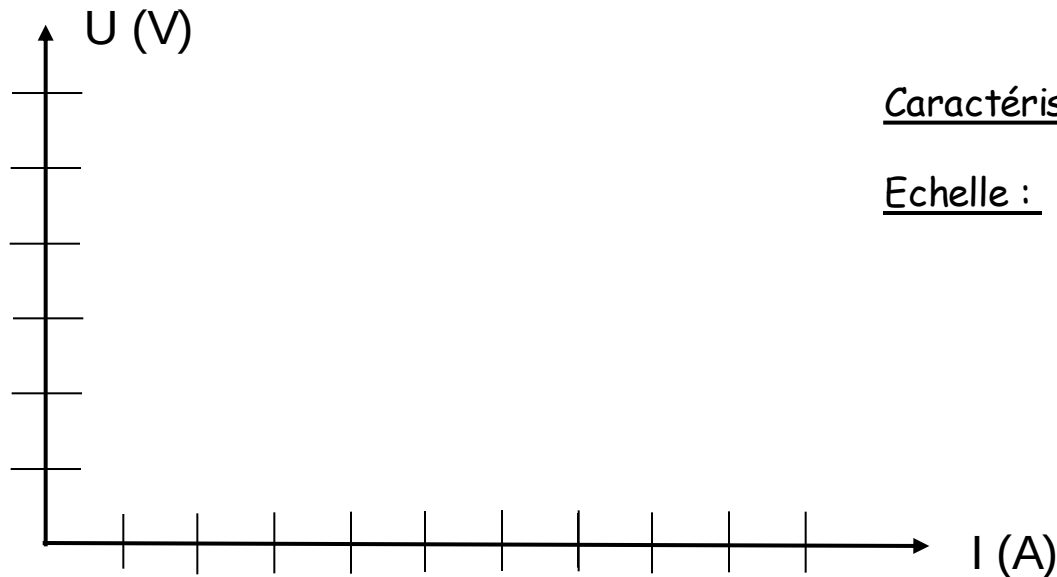
Pour chaque valeur de la tension, on relève l'intensité du courant traversant le conducteur ohmique.

b) Observation

L'intensité I du courant électrique est d'autant plus grande que la tension U aux bornes de la résistance est grande .

Pour mieux vérifier cette observation, on va tracer la caractéristique du dipôle, c'est-à-dire représenter la tension du dipôle en fonction du courant électrique que le traverse

On appelle caractéristique d'un dipôle le graphe $U=f(I)$.



Caractéristique d'une résistance de 100 Ohms.

Echelle :

- Abscisse : 1cm -----> 0,01A
- Ordonnée : 1cm -----> 1V

1.1 Régime continu (1^{er} semestre)

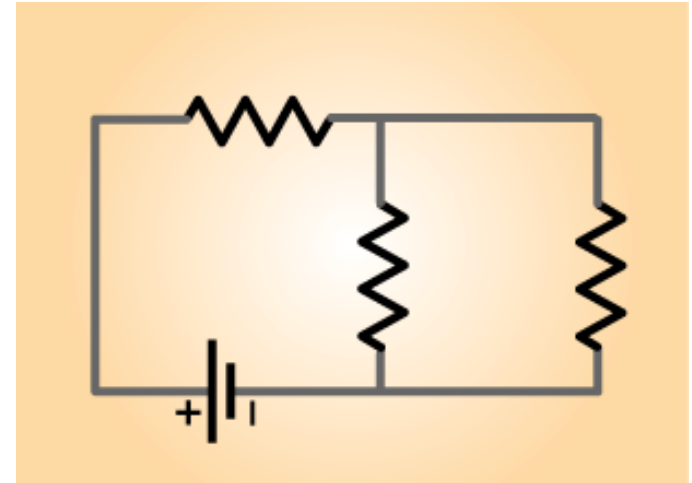


- Un circuit en régime continu (c'est-à-dire dont les grandeurs ne dépendent pas du temps) contient au minimum un Générateur électrique qui va délivrer une tension (ou un courant) constant(e) et des résistances
- L'étude de circuit peut se faire avec les lois suivantes :
 - La Loi d'Ohm qui caractérise la tension U aux bornes d'une résistance par rapport à l'intensité I la traversant. Si la résistance est de R : $U = RI$.
 - Les Lois de Kirchhoff (loi des nœuds et loi des mailles) qui donnent les relations entre les différentes grandeurs du circuit.
 - Le théorème de Thévenin : un réseau électrique linéaire vu de deux points est équivalent à un générateur parfait dont la tension est égale à la différence de potentiel à vide entre ces deux points, en série avec une résistance égale à celle que l'on mesure entre les points lorsque les générateurs indépendants sont rendus passifs.
 - D'autres lois..... Que nous ne verrons pas

Définitions

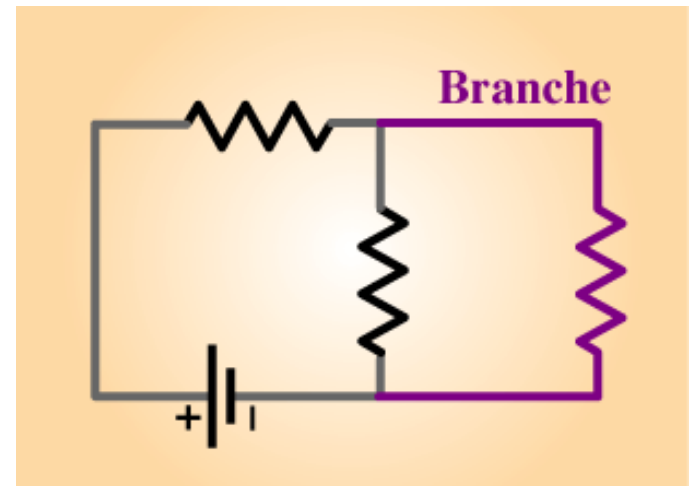
Circuit électrique

Un *circuit électrique* est un ensemble d'éléments (sources de tension, sources de courant, résistances, etc.) reliés par des conducteurs (fils).



Branche d'un circuit

Une *branche d'un circuit* est une partie d'un circuit constituée d'un ou de plusieurs éléments montés en série.



Définitions et notations

Maille d'un circuit

Une *maille* d'un circuit est un trajet fermé et conducteur.

Nœud d'un circuit

Un *nœud* d'un circuit est un point ou un conducteur auquel sont reliées différentes branches du circuit.

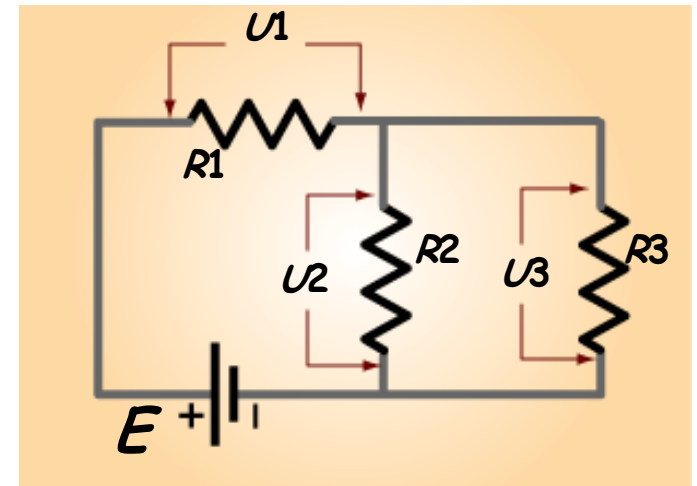
Notations

La tension à la source en volts (V) est notée E .

La résistance en ohms (Ω) est notée R , avec ou sans indice.

La différence de potentiel aux bornes d'une résistance est notée U . Elle est mesurée en volts.

L'intensité du courant en ampères (A) est notée I , avec ou sans indice.



Loi d'Ohm

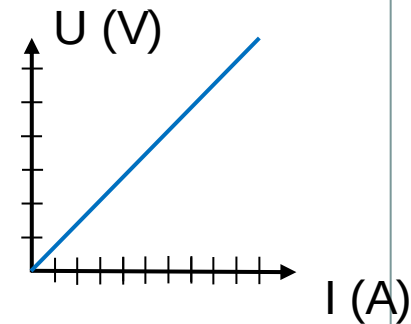
Dans un circuit à courant continu constant, l'intensité du courant est directement proportionnelle à la tension appliquée et inversement proportionnelle à la résistance. Cette loi s'écrit :

$$I = U/R$$

où I est l'intensité du courant en ampères (A), U , la tension appliquée en volts (V) et R , la résistance en ohm (Ω).

On exprime souvent la loi d'Ohm sous la forme :

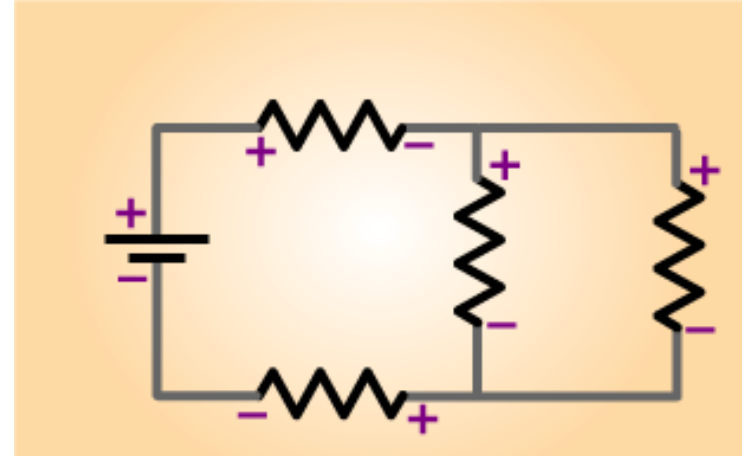
$$U = RI.$$



Un dipôle qui vérifie la loi d'Ohm est appelé un conducteur ohmique, sa caractéristique est une droite passant par l'origine du repère.

Potentiel et sens conventionnel

On observe une augmentation de potentiel en traversant une source du - au + et une diminution de potentiel en traversant une résistance du + au -.



On utilise ici le sens conventionnel du courant dans le circuit, ce qui signifie que le courant va de la borne positive de la source vers sa borne négative. Le sens réel va de la borne négative à la positive.

Au début des études sur le courant, on pensait que le courant était dû au déplacement de particules positives alors qu'il est dû au déplacement d'électrons de charge négative. Mais on utilise néanmoins le sens conventionnel

1.2 Régime transitoire (2^{ème} semestre)



- On alimente toujours en courant continu un circuit comprenant un condensateur ou une bobine (self) ou les deux en plus des résistances.
- Les grandeurs U et I passeront par un régime transitoire, avant d'atteindre un régime permanent.

1.3 Régime sinusoïdal (2^{ème} semestre)



- Cette fois le circuit est alimenté en courant alternatif.
- Une Onde électromagnétique se propage.

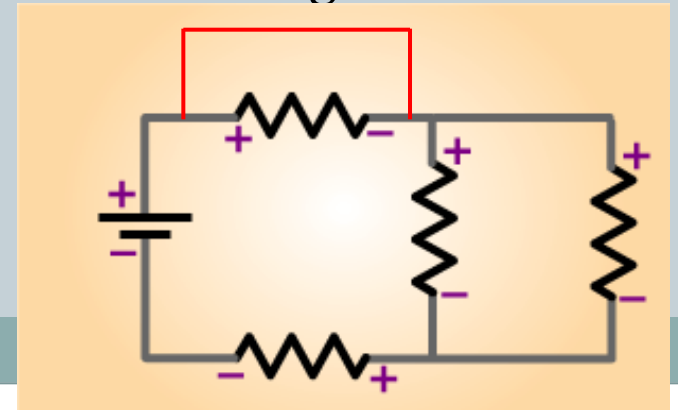
1.4 Court circuit



- Un court-circuit est une mise en **relation directe de deux points qui sont à des potentiels électriques différents**.

En Courant continu : liaison entre deux polarités ou entre la masse et la polarité qui est isolée ;

- Un court-circuit se traduit par une augmentation brutale du courant qui peut atteindre en quelques millisecondes une valeur égale à plusieurs fois le courant d'emploi.



Sommaire:



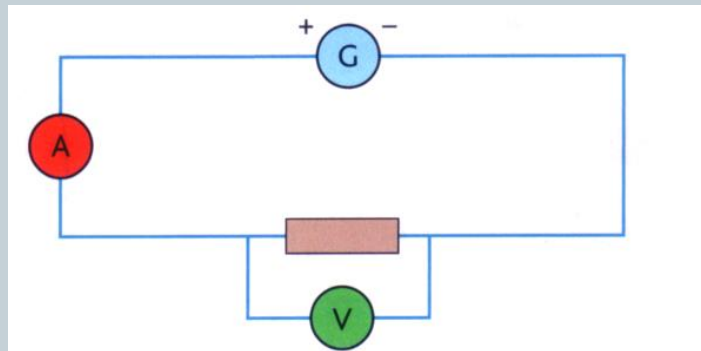
- 1 Étude des circuits : définitions
 - 1.1 Régime continu
 - 1.2 Régime transitoire
 - 1.3 Régime sinusoïdal
 - 1.4 Court-circuit
- 2 Étude des circuits : Applications
 - 2.1 Les appareils de mesures
 - 2.2 Associations de résistances
 - 2.3 Effet Joule
 - 2.4 Loi de Pouillet
 - 2.5 Lois de Kirchhoff
 - 2.6 Force électromotrice
 - 2.7 Loi de Thévenin

2. Étude des circuits : applications



○ 2.1 Les appareils de mesures

- Le voltmètre doit être branché en parallèle. Pour influencer au minimum le circuit, le voltmètre doit avoir une résistance très élevée.

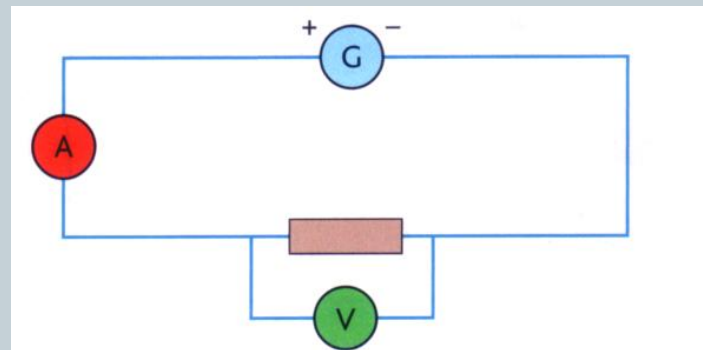


2. Étude des circuits : applications



○ 2.1 Les appareils de mesures

- L'ampèremètre doit être branché en série. Pour influencer au minimum le circuit, l'ampèremètre doit avoir une résistance très faible.

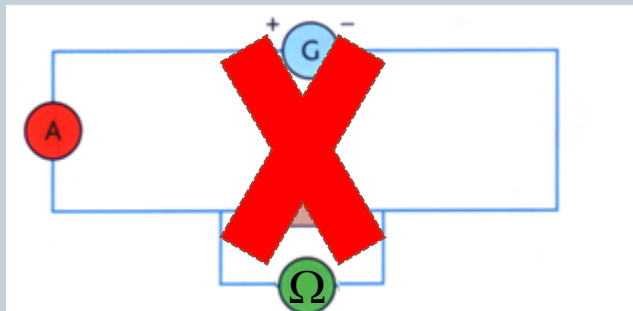


2. Étude des circuits : applications

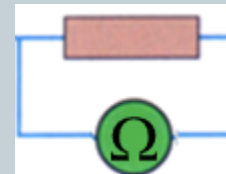


○ 2.1 Les appareils de mesures

- L'ohmmètre est un appareil actif, il applique une différence de potentiel et mesure le courant qui circule dans la résistance. Pour que cela fonctionne, la résistance **ne doit pas faire partie d'un circuit fermé.**



Mauvais



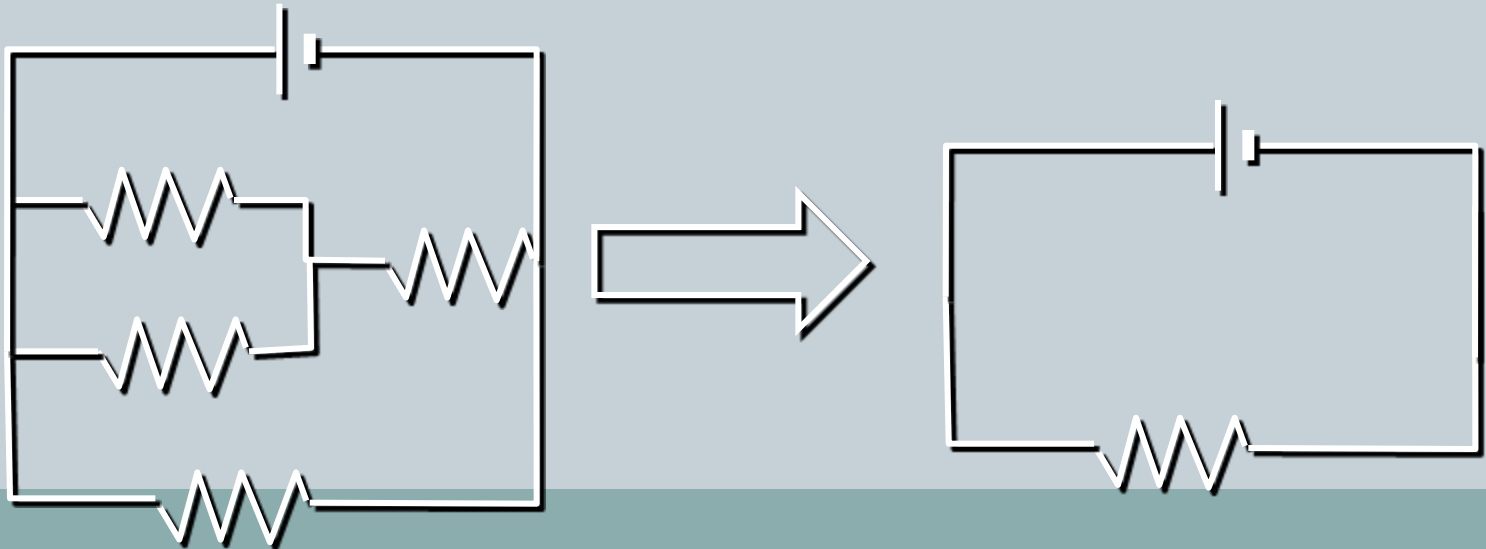
Bon

2. Étude des circuits : applications



○ 2.2 Associations de résistances

- Lorsqu'un circuit comporte plus d'une résistance, on peut généralement le simplifier en utilisant les règles d'association des résistances, en série ou en parallèle.

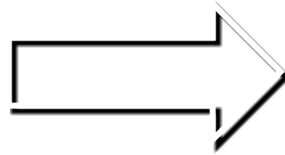
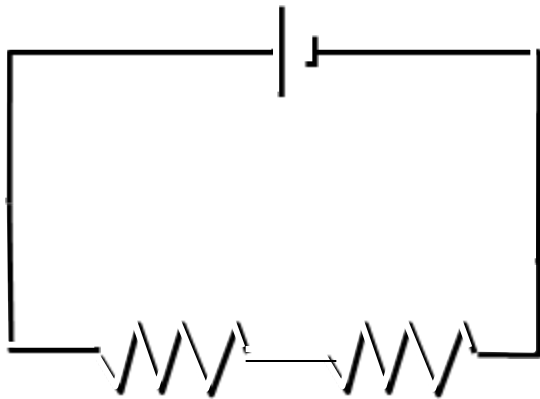


Association en série

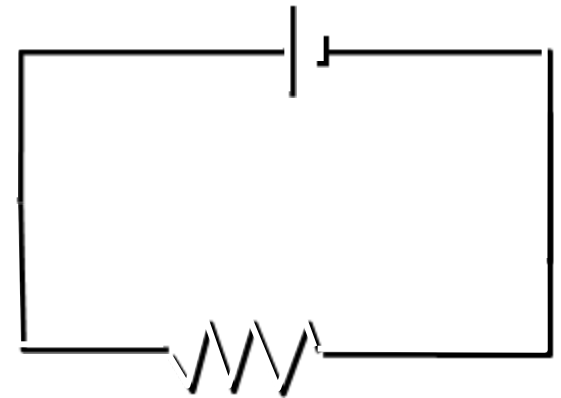
- Dans une association en série, le même courant circule dans les résistances mais les différences de potentiel s'additionnent:

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 = R_1 I + R_2 I = (R_1 + R_2) I = R_{\text{eq}} I$$

$$R_{\text{eq}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$



$$R_t = \sum_i R_i$$



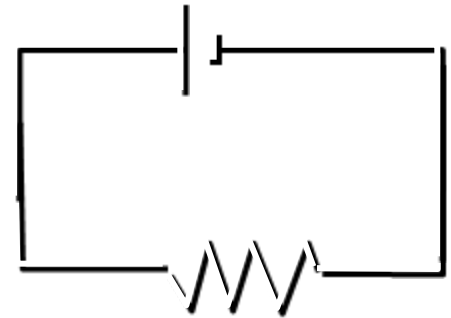
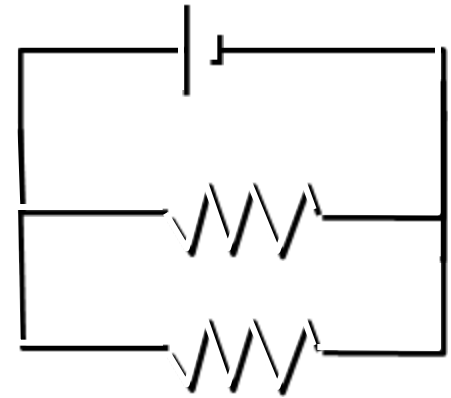
Association en parallèle

- Dans une association en parallèle, la même différence de potentiel existe sur chaque résistance mais le courant total est séparé sur les différentes résistances.

$$I = I_1 + I_2 = \frac{\Delta V}{R_1} + \frac{\Delta V}{R_2} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \Delta V = \frac{\Delta V}{R_{eq}}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

$$R_t = \left(\sum_i \frac{1}{R_i} \right)^{-1}$$

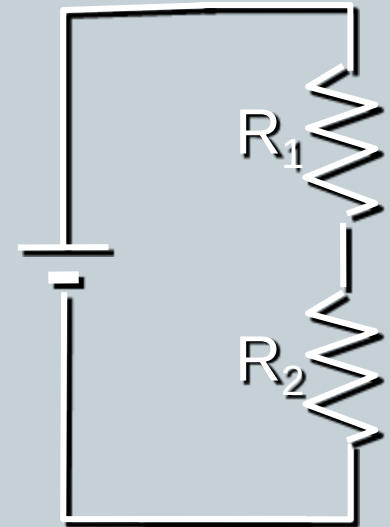


Exercice

- Dans le circuit suivant, la pile délivre une ddp de 12V, la résistance $R_1=15\text{k}\Omega$ et $R_2=5\text{k}\Omega$.
- Quelle est la différence de potentiel de la résistance R_1 ?
- Si vous branchez un voltmètre ayant une résistance interne de $30\text{k}\Omega$ pour mesurer le voltage de la résistance R_1 , quelle valeur indiquera-t-il?

9,0V

8,0V

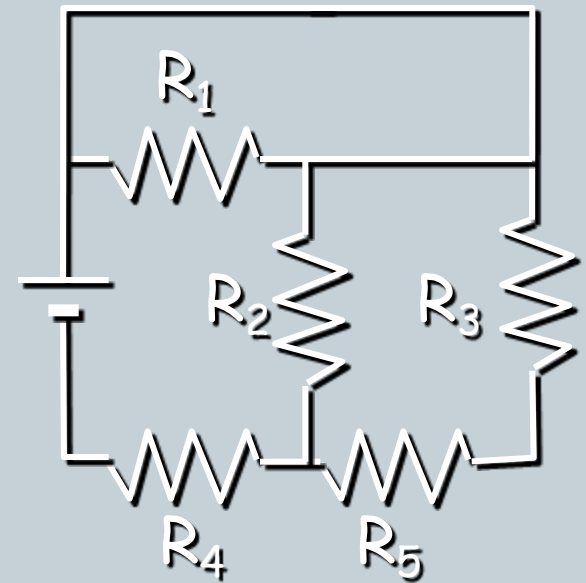


Exercices

- Quelle est la résistance équivalente au circuit suivant? ($R_1=120\Omega$, $R_2=30\Omega$, $R_3=25\Omega$, $R_4=40\Omega$, $R_5=70\Omega$)

Solution : $62,8 \Omega$

- Si la pile délivre une ddp de $10V$, quelle est l'intensité du courant circulant dans R_2 ?



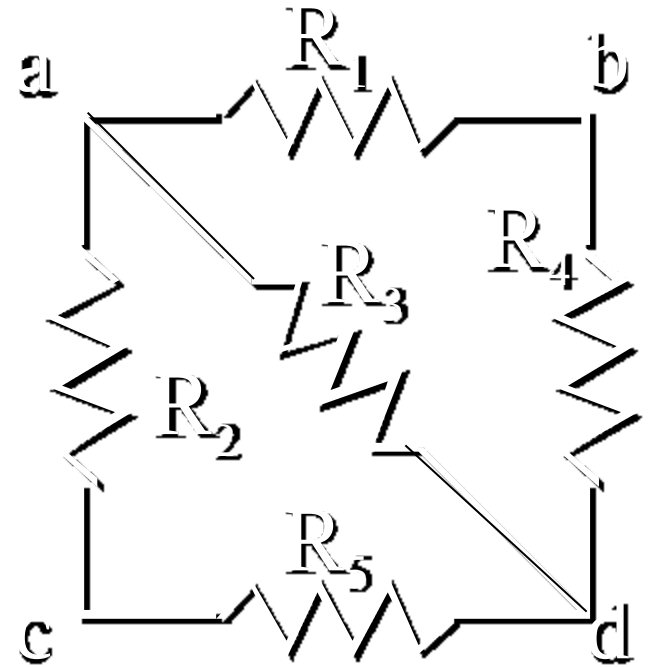
Solution : 121 mA

Exercice



Sachant que dans le circuit ci-contre $R_1=120\Omega$, $R_2=30\Omega$, $R_3=25\Omega$, $R_4=40\Omega$, $R_5=70\Omega$, quelle est la résistance équivalente entre les points a et d?

$$R_{ad}=17,9 \Omega$$



2. Étude des circuits : applications



○ 2.3 Effet Joule : Effet thermique d'un courant

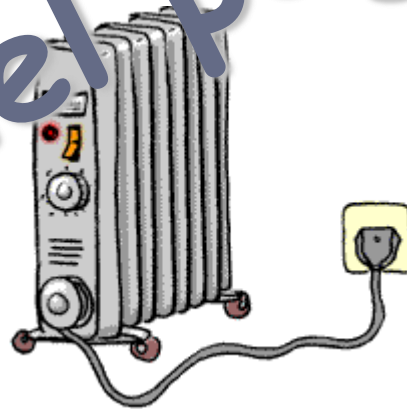
La résistance transforme l'énergie électrique en chaleur. C'est l'effet Joule.

On parle de puissance dissipée par effet Joule ou sous forme de chaleur par une résistance

- Cette puissance est proportionnelle à la différence de potentiel aux bornes de la résistance et au courant qui circule dans cette résistance.

$$P = \Delta V \cdot I = \frac{\Delta V^2}{R} = R \cdot I^2$$

Que fait la résistance
avec l'énergie électrique ?
Quel point commun ?



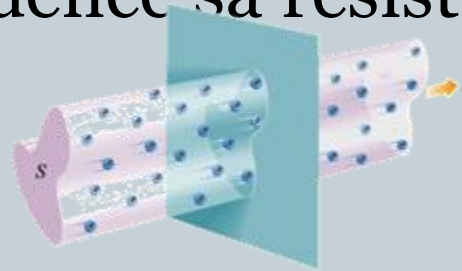
2. Étude des circuits : applications



○ 2.5 Loi de Pouillet

- La forme d'un objet influence sa résistance.

$$R = \rho \frac{\ell}{S}$$

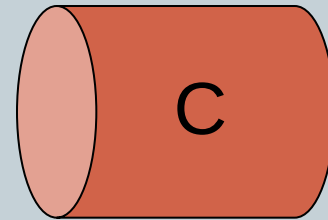
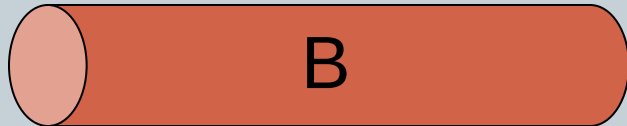
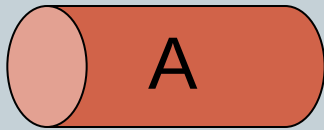


- Où ℓ est la longueur de l'objet (distance parcourue par le courant dans l'objet),
- S est la surface ou l'aire de la section de l'objet,
- ρ est la résistivité du matériel utilisé [$\Omega \cdot \text{m}$]
- On utilise aussi la conductivité σ [$\Omega^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$]

Exercice



- Classer les objets suivants, tous faits du même matériau, en ordre de résistance, de la plus petite à la plus grande.



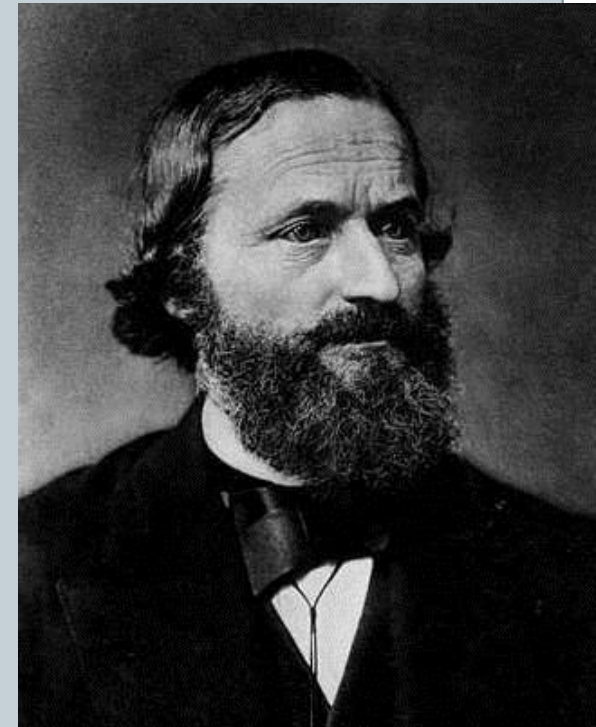
Conductivités électriques à 20° : σ $\Omega^{-1}\text{m}^{-1}$ ou en Sm^{-1}

Conducteurs métalliques	Cuivre	$5,81 \cdot 10^7$
	Argent	$6,14 \cdot 10^7$
	Aluminium	$3,54 \cdot 10^7$
conducteurs alliages	Constantan	$2,04 \cdot 10^6$
	Nichrome	$1,0 \cdot 10^6$
Conducteurs ioniques	Fluides du corps humain	≈ 6
Semi-conducteurs	Carbone	$2,8 \cdot 10^4$
	Germanium	$2,2 \cdot 10^{-2}$
	Silicium	$1,6 \cdot 10^{-5}$
Isolants	Verre	10^{-10} à 10^{-14}
	Quartz	$1,33 \cdot 10^{-18}$
	Téflon	$< 10^{-13}$
	Paraffine	$3,37 \cdot 10^{-17}$

2. Étude des circuits : applications

○ 2.5 Lois de Kirchhoff

- Dans certains cas, les règles d'associations des résistances ne sont pas suffisantes pour résoudre un circuit, il faut alors utiliser les lois de Kirchhoff.
- Gustav Kirchhoff a établi deux lois en 1845 (alors qu'il était étudiant) basées sur des principes de conservation; la loi des nœuds et la loi des mailles.



1824-1887

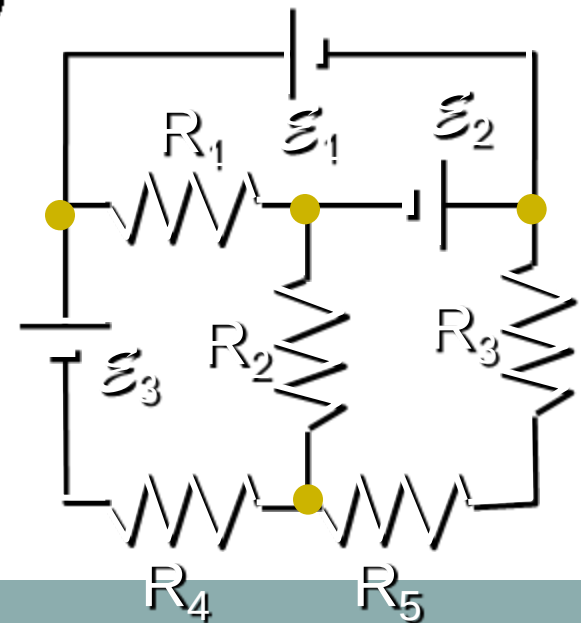
Loi des nœuds

- Un nœud est un point dans un circuit où au moins 3 fils se rejoignent.
- Puisque les charges ne peuvent apparaître ou disparaître, les courants entrant dans un nœud doivent en ressortir.

$$\sum I = 0$$

- Les courants entrant dans le nœud sont positifs, ceux qui en sortent sont négatifs.

Identifiez les nœuds du circuit

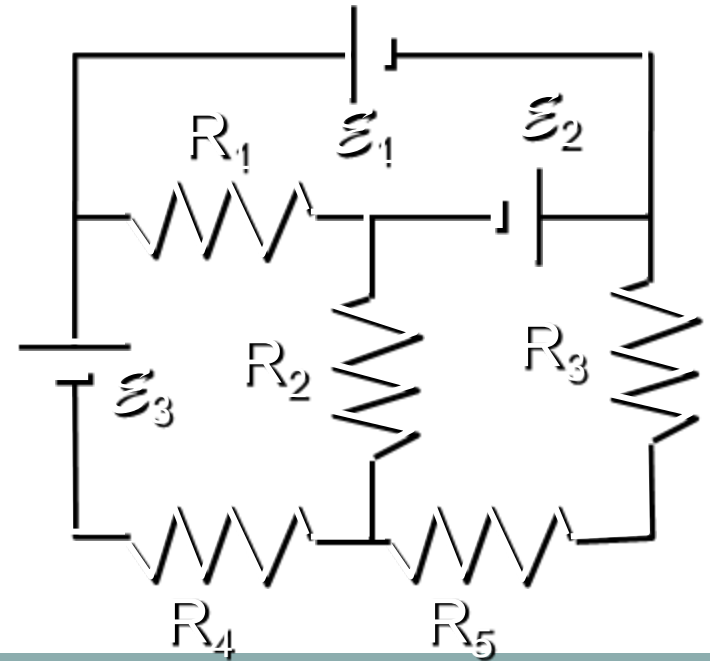


Loi des mailles

- Une maille est une boucle fermée du circuit.
- La somme de toutes les différences de potentiel sur une boucle fermée doit être nulle.

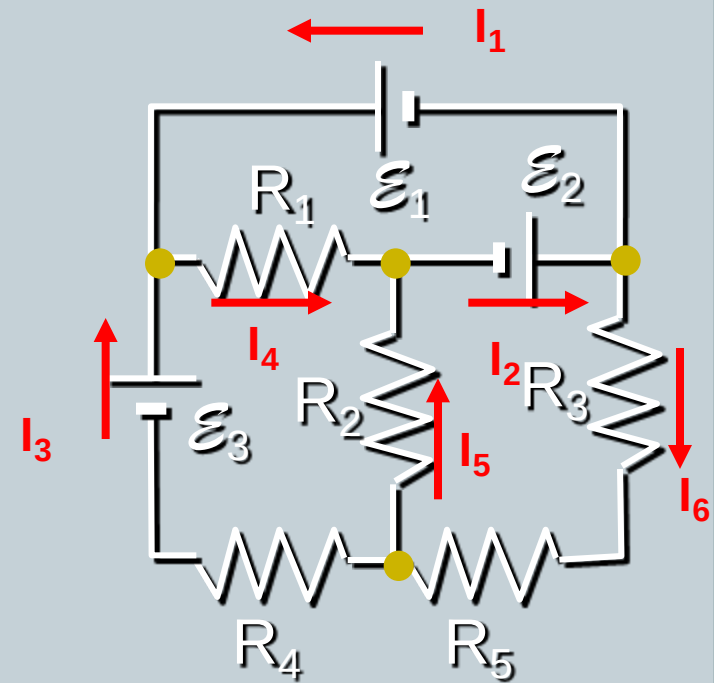
$$\sum_{\text{maille}} \Delta V = 0$$

- Les différences de potentiel sont positives lorsqu'on traverse un élément de la borne – vers la borne +, négative dans le cas contraire.



Utilisation des lois de Kirchhoff

- Il faut commencer par nommer un courant pour chaque branche (entre 2 nœuds) et fixer une direction pour ce courant.
- On écrit ensuite la loi des nœuds pour tous les nœuds sauf un.
- Il faut ensuite écrire la loi des mailles aussi souvent que nécessaire pour avoir autant d'équations que d'inconnues. Il faut s'assurer de passer par toutes les branches.



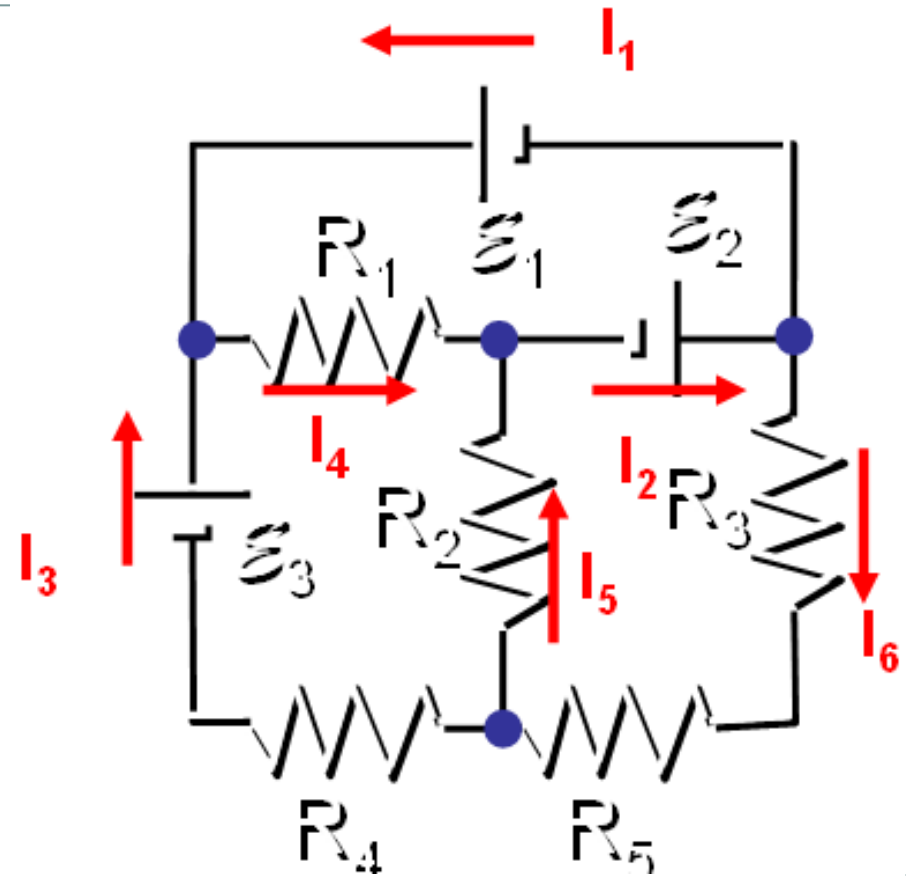
Exemples :

$$I_1 + I_3 - I_4 = 0 \Rightarrow I_1 + I_3 = I_4$$

$$I_4 + I_5 - I_2 = 0 \Rightarrow I_4 + I_5 = I_2$$

$$I_2 - I_1 - I_6 = 0 \Rightarrow I_2 = I_1 + I_6$$

$$I_6 - I_5 - I_3 = 0 \Rightarrow I_6 = I_5 + I_3$$



Une de ces équations ne sera pas nécessaire

Exemple :

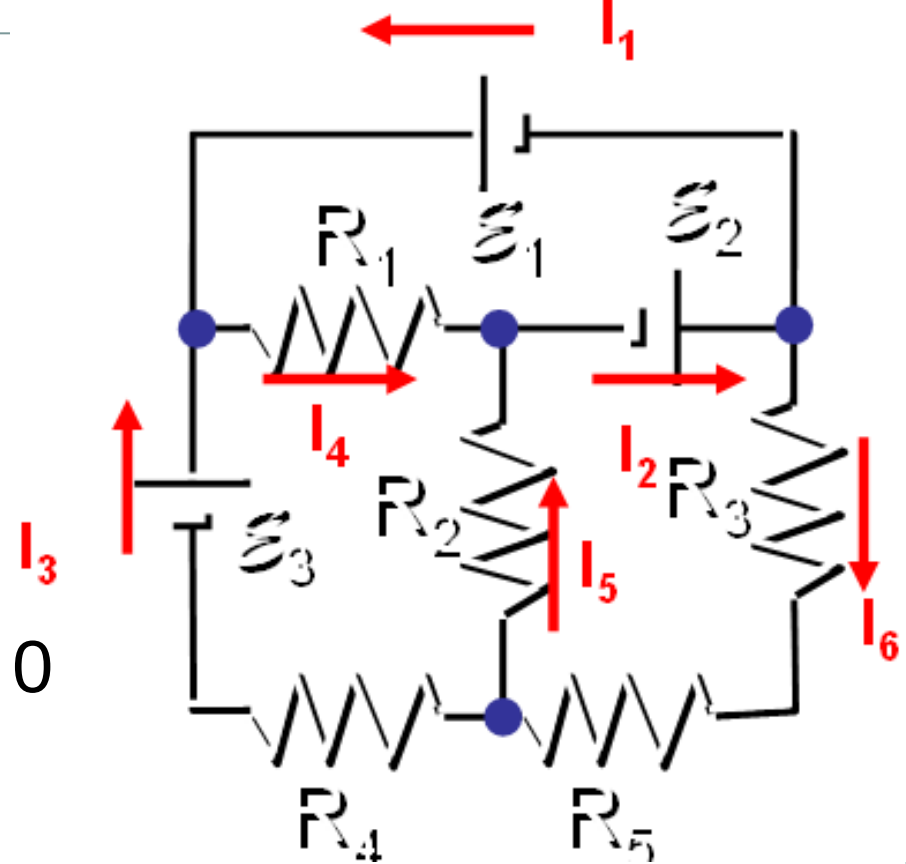
$$E_1 - R_1 I_4 + E_2 = 0$$

$$E_3 - R_1 I_4 + R_2 I_5 - R_4 I_3 = 0$$

$$E_2 - R_3 I_6 - R_5 I_6 - R_2 I_5 = 0$$

$$E_3 - E_1 - R_3 I_3 - R_5 I_6 - R_4 I_3 = 0$$

..... = 0

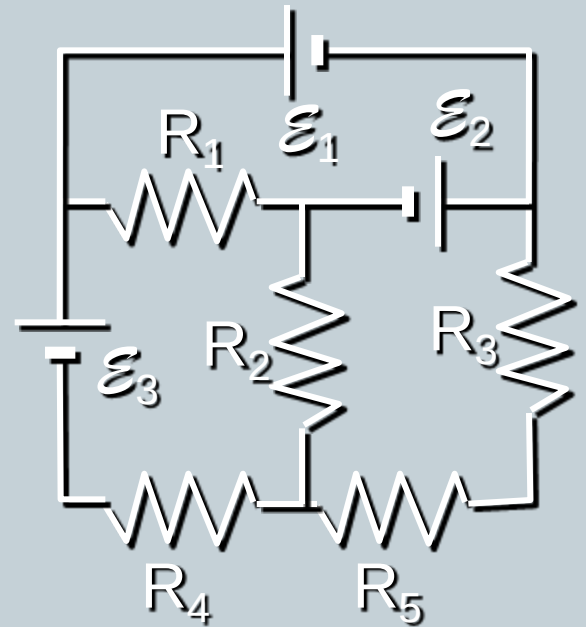


Certaines de ces équations ne seront pas nécessaires.
Cela dépendra des inconnues

Exercices

- Dans le circuit suivant, $R_1=120\Omega$, $R_2=30\Omega$, $R_3=25\Omega$, $R_4=40\Omega$, $R_5=70\Omega$, $\mathcal{E}_1=8V$, $\mathcal{E}_2=6V$, $\mathcal{E}_3=12V$.
- Trouvez le courant circulant dans la résistance R_2 (grandeur et direction)?

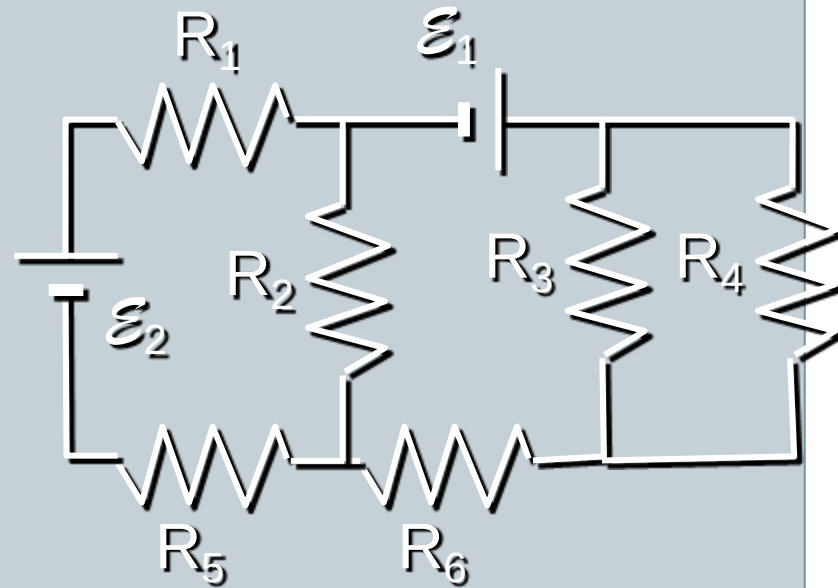
54,8mA vers le haut



- Dans le circuit suivant, $R_1=120\Omega$, $R_2=30\Omega$, $R_3=60\Omega$, $R_4=40\Omega$, $R_5=70\Omega$, $R_6=50\Omega$ et $\mathcal{E}_2=10V$.

- Vous avez mesuré le courant circulant dans R_1 , $50mA$ vers la droite; quelle est la f.é.m. de la pile 1?

1,97V



2. Étude des circuits : applications



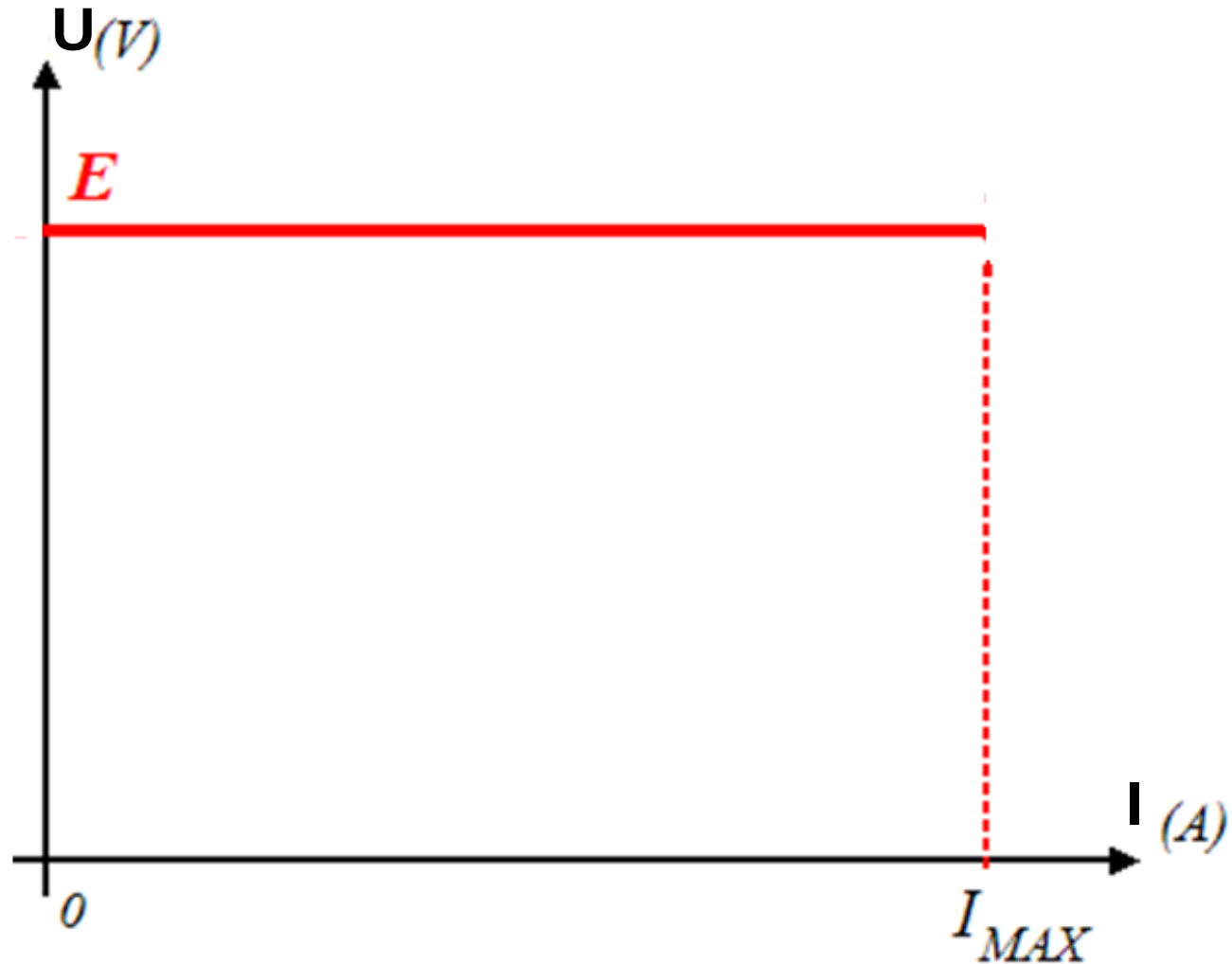
○ 2.6 Force électromotrice

Rappel : Un générateur de tension **parfait** est un générateur qui délivre toujours la même tension quelque soit la valeur de l'intensité du courant qu'il fournit à sa charge.



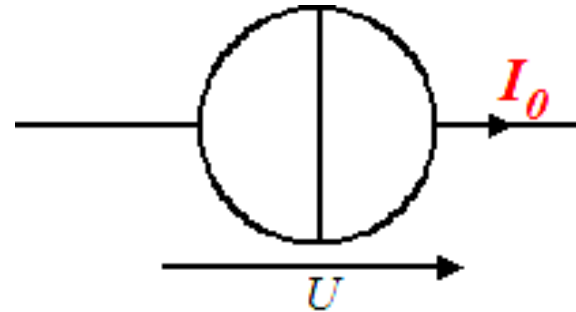
La tension à ses bornes est souvent notée E ou $\mathcal{E}$, qui est appelée "force électromotrice" du générateur.

Allure de la caractéristique courant-tension d'un générateur de tension **parfait** :



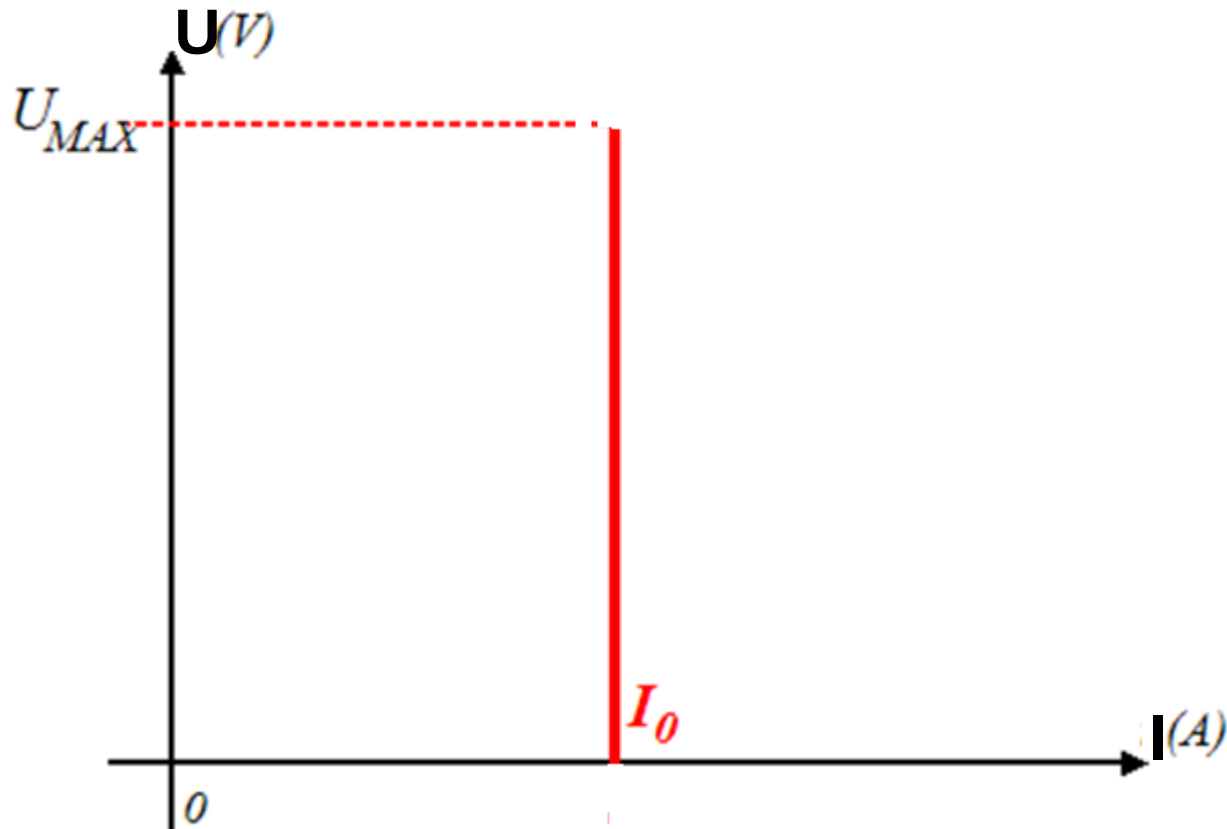
Un générateur de courant **parfait** est un générateur qui délivre toujours un courant de même intensité quelque soit la valeur de la tension qu'il fournit à sa charge.

Son symbole est le suivant :



Le courant débité par le générateur noté I_0 est appelé "courant de court-circuit" du générateur.

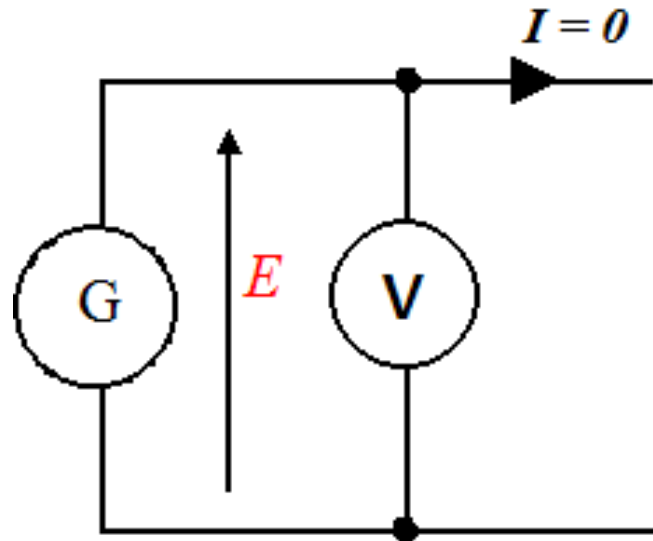
Allure de la caractéristique courant-tension d'un générateur de courant **parfait** :



Caractéristique courant-tension d'un générateur linéaire de tension **réel**

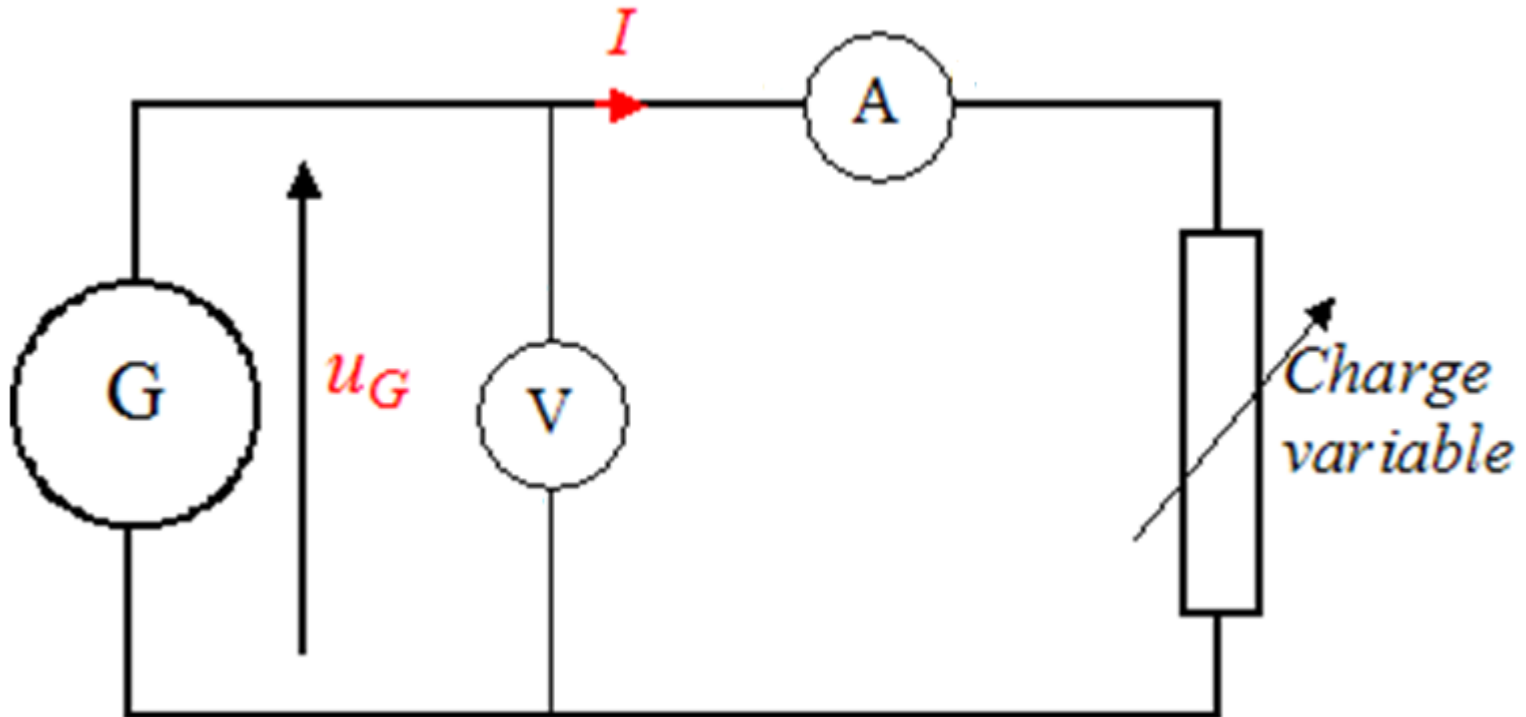


A vide, quand le générateur ne délivre pas de courant



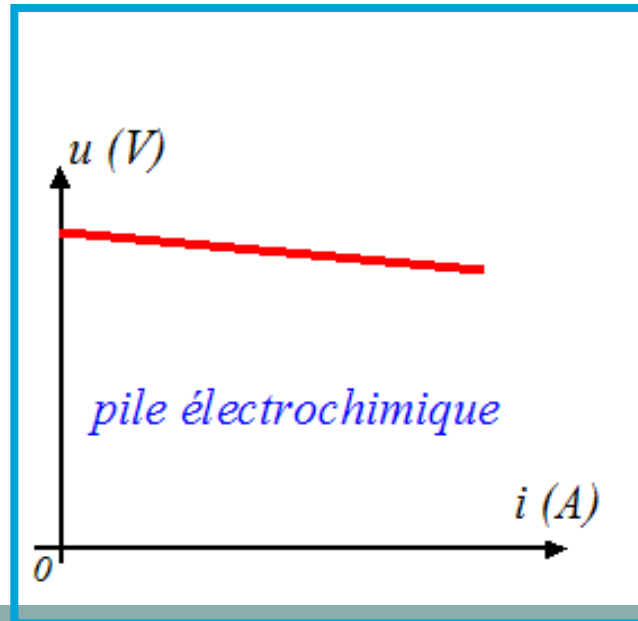
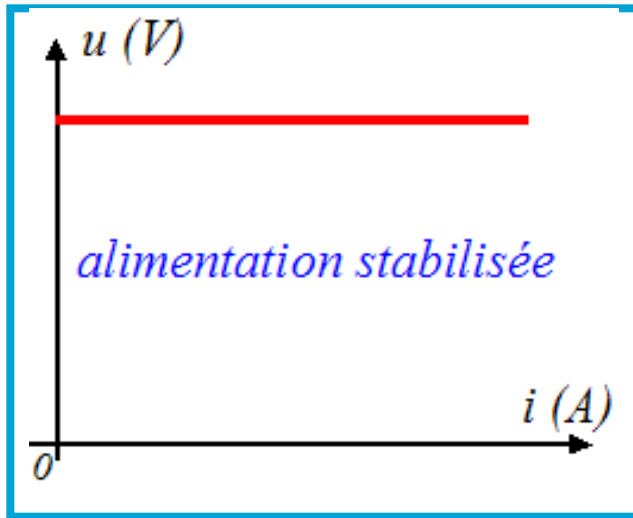
La tension à ses bornes s'appelle force électromotrice (fém) ou tension à vide du générateur.

Sous charge variable :



La ddp varie en fonction du courant délivré

Exemples d'allures de caractéristiques :



Vu au labo

- Lorsqu'une pile réelle est utilisée, la différence de potentiel diminue car les réactions chimiques ne parviennent pas à renouveler les charges assez rapidement.

$$\Delta V = \varepsilon - r_i I$$

- ΔV est la différence de potentiel entre les bornes de la pile
- ε est la force électromotrice de la pile
- r_i est la résistance interne de la pile
- I est le courant sortant de la pile.

Exercices



- Une pile ayant une f.é.m. de 6V fait circuler un courant de 0,4A dans un fil de nichrome de conductivité de $110^6 \Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$, de 2,4m de longueur ayant un diamètre de 0,5mm. Quelle est la résistance interne de la pile?

2,78 Ω

2. Étude des circuits : applications



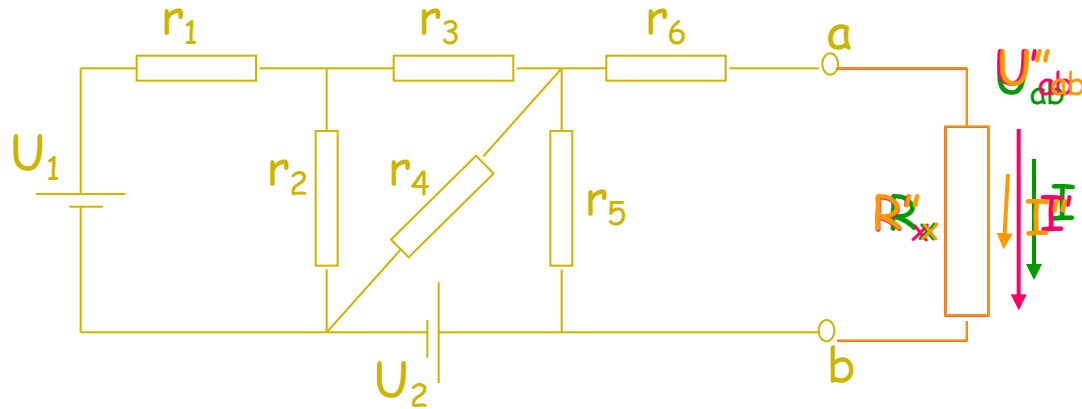
○ 2.7 Théorème de Thévenin

Le théorème de Thévenin:

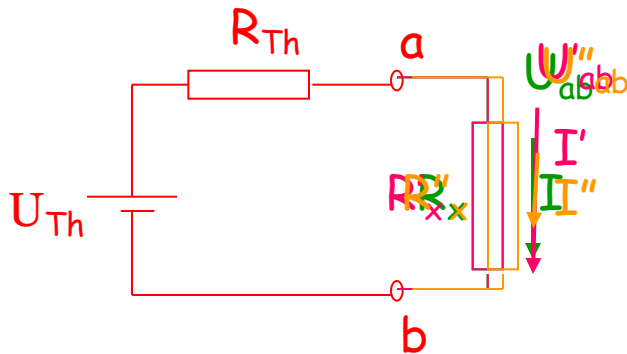
Tout circuit à deux bornes a et b, composé de plusieurs sources et de plusieurs résistances, peut être remplacé par une source de f.é.m. unique U_{Th} , placée en série avec une résistance unique, R_{Th} .

Le théorème de Thévenin

Soit un circuit q.c.q. avec résistances et sources de f.é.m.:



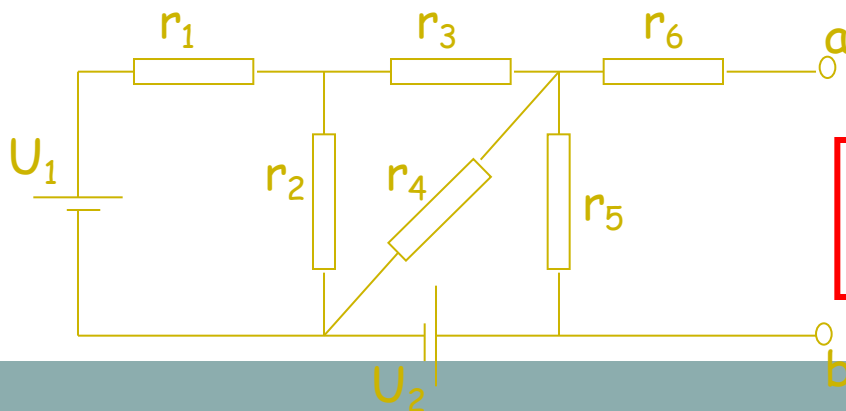
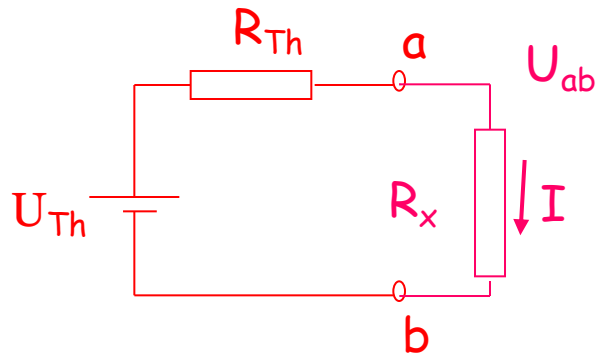
Il peut être remplacé par son équivalent Thévenin:



Comment déterminer U_{Th} ?

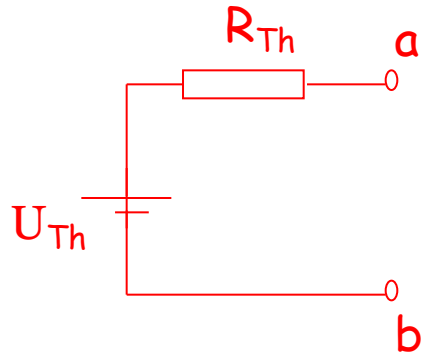
$$U_{ab} = U_{Th} - R_{Th} I, \text{ pour tout } R_x (\text{Ohm})$$

Donc, aussi pour $I = 0$ (pas de R_x):

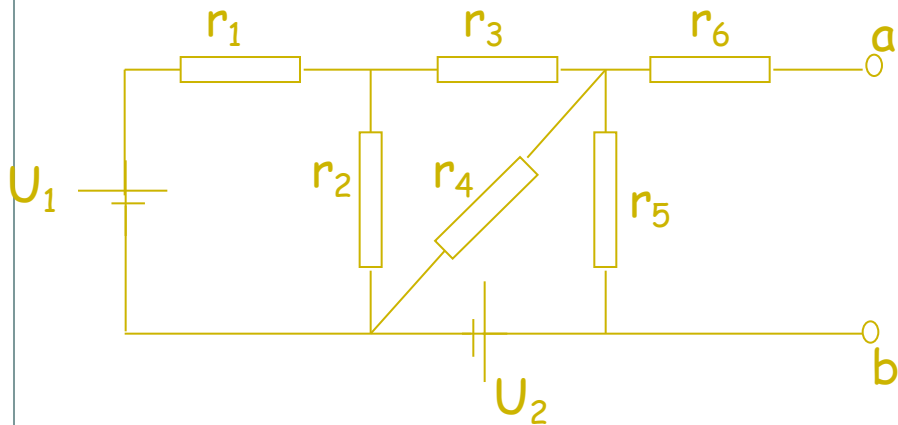


$U_{Th} = U_{ab}$ lorsque le circuit est ouvert

Comment déterminer R_{Th} ?



R_{Th} est la résistance du circuit entre a et b, la source de Thévenin étant supposée idéale, sans résistance interne



A ce stade vous devez être capable de...

- Calculer les différentes grandeurs relatives aux circuits DC en appliquant les différentes lois vues
 - Ohm
 - Pouillet
 - Association de résistances
 - Force électromotrice
 - Effet Joule
 - Lois de Kirchhoff
 - Théorème de Thévenin
- Placer correctement un appareil de mesure dans un circuit et expliquer les raisons de ce placement